

Einige Versuche

über die chromatische Abweichung des menschlichen Auges.

Von

Adolf Fick,

Prosektor in Zürich.

Dass das Auge nicht frei von chromatischer Abweichung sein kann, ist schon von vorn herein aus dem Umstande zu folgern, dass in ihm alle vorkommenden Brechungen in demselben Sinne geschehen. Es ist daran auch meines Wissens in neuerer Zeit nur von Vallée gezweifelt worden, der dann freilich auch konsequenter Weise den inneren Linsenschichten einen geringeren Brechungsindex beilegt, als den oberflächlichen, so dass Brechungen in entgegengesetztem Sinne im Auge stattfänden. Zwar widersprechen dieser Behauptung die sorgfältigen Messungen Krause's (siehe dessen Inauguraldissertation) ganz entschieden, aber auch ohne dieselben würde man an der Farbenabweichung des Auges nicht zweifeln können, da schon längst Gesichtspänomene bekannt sind, in denen sie sich direkt zeigt. Volkmann hat diese schon in seinem Artikel „Sehen“ des Handwörterbuches der Physiologie aufgeführt, und eine genügende Erklärung gegeben, warum die Farbenabweichung sich für gewöhnlich nicht als

solche geltend macht. Dr. Volkmann hat gezeigt, dass ein weisser Punkt ohne namhafte Färbung gesehen werden müsse, dagegen eine andere Störung muss der Mangel an Achromasie doch jedenfalls hervorbringen, wenn die angezogene Erklärung richtig ist, die in der Erscheinung grosse Aehnlichkeit hat mit der Erscheinung, welche eine Abweichung wegen der Kugelgestalt hervorbringen würde. Wenn nämlich die Netzhaut in der Vereinigungsweite der mittleren Strahlen des Spektrums befindlich ist, so muss auf derselben jedem weissen Punkte des Objectes ein mehr oder weniger grosser merklich weisser Zerstreuungskreis entsprechen. Es müsste demnach bei möglichst vollkommener Einstellung des Auges immer noch eine gewisse Undeutlichkeit der Bilder stattfinden. Für gewöhnlich merkt man von dieser Undeutlichkeit nichts, und doch könnte man sie auf den ersten Blick so gross zu erwarten geneigt sein, dass sie keineswegs der Beobachtung entgehen dürfte. Der Zerstreuungskreis eines weissen Punktes müsste nämlich, so scheint es, zum Durchmesser haben die Breite des Spektrums, in welchem er aufgelöst erscheint, wenn man die halbe Pupille verdeckt, und diese Breite ist ziemlich bedeutend.*) Eine solche Erwartung stellt sich allerdings bei genauerem Zusehen als übertrieben heraus, denn bei Verdeckung eines grossen Theiles der Pupille dehnt sich diese sofort aus, weil ein Theil des Lichtreizes der Netzhaut entzogen wird, so dass Randstrahlen mitbetheiligt werden, die vorher ausgeschlossen waren, und die vorzugsweise mit der Abweichung behaftet sind. Im ganzen muss offenbar auch der von chromatischer Abweichung herrührende Zerstreuungskreis, wie wenn er von sphärischer herrührte,

*) In meiner physiologischen Physik finden sich an der betreffenden Stelle ausführlichere Angaben hierüber.

der Pupillenöffnung direkt proportional sein, ganz kann er aber auch nicht bei noch so enger Pupille verschwinden. Sollte nun nicht die Erklärung der Irradiation auf diese Betrachtung gegründet werden können? Leider ist der Ausdruck Irradiation nicht immer in demselben Sinne gebraucht worden, so dass der Begriff nicht ganz fest steht. Plateau, der am meisten (ob auch am besten?) darüber gearbeitet hat, begreift darunter zum Theil Erscheinungen, die nach meiner festen Ueberzeugung rein psychische Täuschungen im Urtheil über Grössenverhältnisse, also unerklärbar sind. Welker*) scheidet sie, glaube ich, nicht ganz scharf ab von der scheinbaren Ausdehnung, die ein weisses Objekt auf dunkeltem Grunde erfahren muss, wenn es bei unvollkommener Adaption betrachtet wird. Sie rührt von Zerstreungskreisen her, die unter denselben Umständen sich auch bilden würden in einem Auge, das von jeder Abweichung frei wäre. Meiner Ansicht nach sollte man, um eine strenge Sonderung der Begriffe und Thatsachen anzubahnen, unter Irradiation einzig und allein diejenige scheinbare Verbreiterung heller Objekte verstehen, welche bei möglichst vollkommener Adaption gesehen wird, und gleichwohl in rein physikalischen Vorgängen ihren Grund hat, also eine objective Verbreiterung des Netzhautbildes ist, so dass Täuschungen der Seele ausgeschlossen wären. Soll nun die Irradiation in diesem Sinne des Wortes, wie oben angedeutet wurde, aus der chromatischen Abweichung des Auges erklärt werden können, so müssen einige Versuche positiven Erfolg haben, die ich im Folgenden beschreiben werde. 1. Es muss, wie bereits vorhin erwähnt, die Irradiation um so bedeutender sein, je wei-

*) Ueber Irradiation und einige andere Erscheinungen des Sehens von Herrmann Welker. Giessen 1852.

ter die Pupille offen ist. Dieser Satz bedarf wohl keines besonderen Beweises, ebenso wenig braucht ausführlich gezeigt zu werden, dass dieser Versuch allein noch nicht entscheidet, ob chromatische oder sphärische Abweichung an der Irradiation schuld sei, denn auch letztere wird vermindert durch Verengerung der Löcher in den Diaphragmen. Der Versuch hat in der That einen ganz unzweifelhaft positiven Erfolg. Man stellt ihn am bequemsten folgender Gestalt an. Vor einer Lampenflamme steht ein Schirm mit einer schmalen Spalte, so dass man einen schmalen, leuchtenden Streif auf dunklem Grunde sieht. Wenn sonst wenig Licht in das Auge fällt, so ist dabei die Pupille ziemlich weit, und man bemerkt selbst bei der vollkommensten Adaption eine namhafte Irradiation-Verbreiterung des Streifens. Bringt man jetzt durch einen zweckmässig hinter der Lampe angebrachten Spiegel noch eine bedeutende Lichtquantität — ein Spiegelbild der Lampenflamme — ins Auge, so dass die Pupille sich zusammenzieht, so schrumpft das Bild des Streifens sichtlich zusammen. 2. Es muss die Irradiation im homogenen Lichte weniger umfangreich sein, als in weisser Beleuchtung. Es scheint, dass man diese Frage leicht entscheiden könne, wenn man einen Spalt wie den so eben beschriebenen zur Hälfte (seiner Länge) mit einem möglichst homogenen Glase bedeckt. Allerdings erscheint alsdann die weisse Hälfte breiter als die gefärbte, aber ich kann diesem Versuch kein grosses Gewicht beimessen, da durch den grossen Unterschied in den Helligkeiten das Urtheil bestochen wird, und leicht Täuschungen der Seele sich einmischen. Schlagender scheint mir die Wiederholung des ganzen sub 1. beschriebenen Versuches mit einem möglichst homogenen gefärbten Lichtstreif (ich wendete das häufig vorkommende rothe Glas an). Man wird bemerken, dass hier das Zusammen-

schrumpfen und Verbreitern fehlt, was in weisser Beleuchtung bemerklich ist. Beiläufig sei bemerkt, dass das seitlich in das Auge geleitete Licht, um die Pupille zur Verengung zu bringen, natürlich nicht gefärbt zu sein braucht. 3. Es lässt sich noch sehr leicht ein recht instructiver Versuch anstellen, der die chromatische Abweichung des Auges, ihre Folgen, ihre Compensation, und die Folgen dieser letzteren auf ein Mal übersehen lässt. Man verschafft sich wieder, wie bei den vorigen Versuchen, eine schmale, und zwar diesmal eine möglichst schmale weisse Lichtlinie, und betrachtet dieselbe durch zwei feine Löcher, wie beim Scheinerschen Versuche. Die beiden Löcher müssen gerade vor zwei einander diametral gegenüberliegenden und vom Mittelpunkt gleichweit abliegenden Punkten der Pupille stehen; auch muss die Verbindungslinie der Löcher zu der Ebene, welche den Lichtstreif und den Augenmittelpunkt enthält, senkrecht stehen. Man bringt es leicht dahin, da die subjective Wahrnehmung die Lage der Löcher erkennen lässt. Angenommen, das Auge wäre jetzt nicht für die Entfernung der Lichtlinie eingestellt, so wird dieselbe in einem Doppelbild erscheinen. Jedes Bild ist aber, wenn nur die Lichtlinie recht schmal ist, ein prismatisches Spektrum. Beide Spektren kehren einander ihre rothen Enden zu, wenn die Lichtlinie zu fern, ihre violetten Enden, wenn sie zu nahe ist, um ein einfaches Bild zu geben. Diese Sätze sind zu einfache Folgen der bekanntesten optischen Elementargesetze, als dass ihr Beweis hier ausgeführt zu werden brauchte. Nähert man sich jetzt der Lichtlinie im zuerst gedachten Falle, wo sie zu fern war, so nähern sich die beiden Spektren immer mehr, und fallen zuletzt zusammen, wenn man in die Entfernung kommt, für welche das Auge gerade eingestellt ist. Die beiden umgekehrt angeordneten übereinanderliegenden Spektren

bilden nun (kompensirt) einen weissen Streif ohne merkliche farbige Umsäumung, der aber, da er die Breite des Spektrum beibehält — wenigstens die Breite seines stark leuchtenden Theiles — offenbar breiter ist, als das nach den geometrisch-optischen Regeln konstruirte Bild des Streifens. Wenn man bei diesem Versuch die halbe Länge des Licht gebenden Spaltes mit einem nahezu homogen gefärbten Glase verdeckt, so kann man sich von dem chromatischen Ursprunge der hier in Rede stehenden Irradiation recht anschaulich überzeugen. Man braucht nämlich jetzt nicht, wie bei dem oben angedeuteten Versuche, zu befürchten, dass das Resultat getrübt sei durch eine Täuschung der Seele, die bei blendender Helligkeit eintritt, man hat es ja hier überhaupt nur mit sehr geringen Lichtintensitäten zu thun, wegen der kleinen Löcher in dem vor das Auge gehaltenen Schirme. Man sieht aber jetzt sehr deutlich, wie die gefärbte Hälfte der Lichtlinie auffallend schmaler ist, wie sowohl die Spektra als auch die bei vollkommener Adaption aus den beiden Spektris entstehende weisse Lichtlinie.

Natürlich muss das zu diesem Versuche angewandte Glas gerade solche Strahlen durchlassen, die von der Mitte des Spektrums nicht weit entfernt sind; das gewöhnliche (gelb-) rothe Glas, dessen ich vorhin erwähnte, genügt um so mehr, als wie mir überhaupt scheint, dass bei diesen Versuchen das äusserste violett wegen zu geringer Leuchtkraft ganz aus der Betrachtung fällt, folglich die Mitte des zu berücksichtigenden Theiles vom Spektrum dem rothen Ende sich nähert.

Da diese Versuche um so besser gelingen, je näher dem Rande der Hornhaut die durch die kleinen Löchlein tretenden Strahlenbündel einfallen, so ist es wünschenswerth, ohne langes Probiren zum Voraus zu wissen, wie weit man sie auseinanderrücken darf, wenn

sie doch noch Beide ins Bereich der Pupillenöffnung fallen sollen. Ich mache zum Schluss noch auf ein sehr nahe liegendes Mittel aufmerksam, dessen ich mich zu diesem Zwecke bediente, weil es auch sonst nützlich sein dürfte, zu wissen, wie weit überhaupt die Pupille werden kann. Die Pupille wird aber bei Verdeckung des Auges mit einem Schirme, der nur zwei ganz kleine Oeffnungen hat, jedenfalls weiter, als unter irgend welchen Umständen, wo sie direkter Messung zugänglich ist. In ein dünnes undurchsichtiges Plättchen sind zwei ganz feine konvergirende Ritzen geschnitten, in ein anderes nur eine; man legt beide übereinander, so dass die Ritzen diese Figur bilden. Wo die senkrechte die beiden andern schneidet, hat man zwei kleine Löcher, welche Licht in das Auge lassen, wenn man die aufeinander gelegten Plättchen ganz dicht vor das Auge hält. Schiebt man jetzt das erste Plättchen von rechts nach links vor dem zweiten her, so rücken die beiden Löcher immer weiter auseinander, und die von beiden im Auge herrührenden Zerstreuungskreise greifen dabei mit immer kleineren Segmenten ineinander. Haben sich die letzteren Mittelpunkte so weit von einander entfernt, dass sich ihre Peripherieen gerade noch berühren, so stehen die beiden Löcher an den Rändern der Pupille, und ihr Abstand, der nun mit dem Zirkel gemessen werden kann, ist die Pupillenweite. Genau ausgedrückt ist ihr Abstand der Durchmesser des Schnittes der Ebene der Platte, mit einem vom Pupillenrand begränzten Kegel von Strahlen, die vom gelben Fleck der Netzhaut ausgehen. Dieser Schnitt ist aber bei der geringen Entfernung der Platten von dem Auge nicht sehr verschieden von der wirklichen Pupillenöffnung.

